

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①1 **DE 37 40 773 A 1**

⑤1 Int. Cl. 4:  
**B 23 K 35/28**

②1 Aktenzeichen: P 37 40 773.2  
②2 Anmeldetag: 2. 12. 87  
④3 Offenlegungstag: 15. 6. 89

DE 37 40 773 A 1

⑦1 Anmelder:  
Philips Patentverwaltung GmbH, 2000 Hamburg, DE

⑦2 Erfinder:  
Hieber, Hartmann, Dr.-Ing., 2000 Hamburg, DE

⑤4 Verfahren zum Herstellen elektrisch leitender Verbindungen

Verfahren zum Herstellen elektrisch leitender Verbindungen mittels isothermer Erstarrung einer beim Löten aus mindestens einem Übergangsmetall und mindestens einem Metall mit niedrigerem Schmelzpunkt als der des Übergangsmetalls gebildeten intermetallischen Phase, die Indium oder Gallium enthalten kann, wobei zur Bildung der intermetallischen Phase mindestens ein Nichtedelmetall als Übergangsmetall und mindestens eines der Elemente Gallium, Indium, Zinn und/oder Wismut als Metall mit niedrigerem Schmelzpunkt eingesetzt werden.

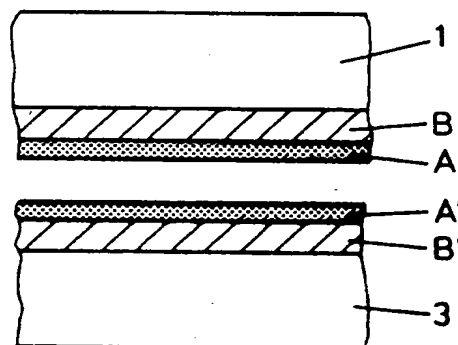


Fig.: 1

DE 37 40 773 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen elektrisch leitender Verbindungen mittels isothermer Erstarrung einer beim Löten aus mindestens einem Übergangsmetall und mindestens einem Metall mit niedrigerem Schmelzpunkt als der des Übergangsmetalls gebildeten intermetallischen Phase, die Indium oder Gallium enthalten kann.

Aus der europäischen Patentanmeldung 1 93 128 ist ein derartiges Verfahren zum Verlöten von elektrischen Bauelementen mit Anschlußflächen auf einem Trägerelement bekannt, wobei als Lotmaterial Indium oder Gallium in einer solchen Menge verwendet wird, daß sich in Verbindung mit dem Metall der Anschlußflächen (Gold oder eine Gold/Kupfer-Legierung) eine Legierung bilden kann, deren Legierungsverhältnis so eingestellt ist, daß sich bei der Löttemperatur infolge thermischer Diffusion eine hochtemperaturbeständige Phase mit einem Schmelzpunkt im Bereich von 548 K bis 646 K ausbildet.

Dieses bekannte Verfahren hat den Nachteil, daß für die Anschlußkontakte Edelmetall eingesetzt werden muß, was kostspielig ist, und es hat darüber hinaus den weiteren Nachteil, daß für manche Anwendungszwecke zu hohe Löttemperaturen erforderlich sind.

Aus US-PS 36 21 564 sind Lötverbindungen bekannt, die aus intermetallischen Phasen (Legierungen) der Systeme Ag/Sn, Au/Sn, Pt/Sn, Pd/Sn, Ag/Pb, Au/Pb, Pt/Pb oder Pd/Pb gebildet werden.

Auch bei diesem bekannten Verfahren ist nachteilig, daß für die Ausbildung der intermetallischen Phase teure Edelmetalle wie insbesondere Gold oder Silber eingesetzt werden müssen und daß für manche Anwendungszwecke zu hohe Löttemperaturen von 623 K bzw. 713 K erforderlich sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Verfahren der eingangs genannten Art so zu verbessern, daß Löttemperaturen  $\leq 530$  K ausreichen und die Lötverbindungen unter mechanischer Belastung thermisch stabil sind bis zu einer Temperatur von mindestens 730 K.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zur Bildung der intermetallischen Phase mindestens ein Nichtedelmetall als Übergangsmetall und mindestens eines der Elemente Gallium, Indium, Zinn und/oder Wismut als Metall mit niedrigerem Schmelzpunkt eingesetzt werden.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens gemäß der Erfindung wird(werden) als Übergangsmetall mindestens eines der Elemente Kupfer, Mangan und/oder Nickel eingesetzt.

Nach weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen des Verfahrens nach der Erfindung wird die intermetallische Phase innerhalb des Systems Nickel/Indium oder des Systems Kupfer/ Zinn oder des Systems Nickel/Zinn gebildet.

Nach vorteilhaften Weiterbildungen des Verfahrens gemäß der Erfindung wird(werden) das(die) Übergangsmetall(e) auf zu verbindenden Kontaktflächen durch Chemical oder Physical Vapour Deposition oder elektrochemisch oder stromlos aus Lösungen so abgeschieden, daß es in Korngrößen  $\leq 2 \mu\text{m}$  vorliegt.

Nach weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen des Verfahrens nach der Erfindung wird das Metall mit niedrigerem Schmelzpunkt zwischen den mit dem Übergangsmetall beschichteten Kontaktflächen als dünne Schicht oder lose, vorzugsweise als vorverformter Körper, in einer für eine intermetallische Phasenbildung in einer Reaktionstiefe von jeweils  $\approx 1 \mu\text{m}$  ausreichenden Menge angebracht.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens nach der Erfindung wird die Ausbildung der intermetallischen Phase unter einem Druck im Bereich von 1 bis 3 MPa bei einer Temperatur im Bereich von 470 bis 530 K bewirkt.

Mit der vorliegenden Erfindung sind insbesondere folgende Vorteile verbunden:

Es können bei mechanischer Belastung bis zu mindestens einer Temperatur von 730 K stabile Lötverbindungen bei relativ niedrigen Temperaturen ( $\leq 530$  K) hergestellt werden. Ein weiterer Vorteil ist, daß eine Vielzahl von elektrischen Anschlüssen kleinster Abmessungen ( $\mu\text{m}$ -Bereich) gleichzeitig herstellbar ist, wobei eine thermomechanische Verspannung der zu verbindenden Teile infolge der relativ niedrigen Löttemperaturen sehr gering ist.

Die nach dem Verfahren gemäß der Erfindung hergestellten Verbindungen zeichnen sich infolge der geringen Schichtdicke der intermetallischen Phasen und der definierten Zusammensetzung dieser Phasen durch eine gute Temperaturwechselbeständigkeit aus.

Die gemäß dem Verfahren nach der vorliegenden Erfindung gebildeten Verbindungen eignen sich bei wärmeverteilenden Systemen überdies gut zur Wärmeableitung, da sie einen niedrigen Wärmewiderstand und eine gute Temperaturstabilität (theroretisch bis zu einer Temperatur von mindestens 930 K, unter mechanischer Belastung bis zu einer Temperatur von mindestens 730 K) aufweisen.

Anhand der Figuren werden Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben und in ihrer Wirkungsweise erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Beispiel der Herstellung einer elektrisch leitenden Verbindung unter Anwendung von die intermetallische Phase bildenden Metallen in Form von dünnen Schichten,

Fig. 2 Beispiel der Herstellung einer elektrisch leitenden Verbindung, wobei Übergangsmetall in Form von dünnen Schichten und niedrig schmelzendes Metall lose vorverformt zwischen den Übergangsmetallschichten angeordnet ist,

Fig. 3 Phasendiagramm für das System Nickel/Indium,

Fig. 4 Phasendiagramm für das System Kupfer/Zinn,

Fig. 5 Phasendiagramm für das System Nickel/Zinn.

In den Fig. 1 und 2 ist dargestellt, auf welche Weise eine intermetallische Phase bildende Metalle A, A', B und B' zwischen zu verbindenden Teilen 1, z.B. ein elektronisches Bauelement, und 3, z.B. eine Leiterplatte oder Folie mit Leiterbahnen, angebracht werden können. B und B' sind mittels Chemical oder Physical Vapour Deposition oder mittels naßchemischer Verfahren aus Lösungen auf Anschlußflächen der zu verbindenden Teile 1, 3

abgeschiedene Schichten einer Schichtdicke  $\leq 1,5 \mu\text{m}$  aus mindestens einem Übergangsmetall wie z.B. Cu, Mn oder Ni. Mit A, A', A'' ist Metall mit niedrigerem Schmelzpunkt als der des Übergangsmetalls B, B' dargestellt, wobei das niedrigschmelzende Metall A, A' in Form von dünnen Schichten mit einer Schichtdicke, die ausreicht, um eine intermetallische Phase bis zu einer Reaktionstiefe  $\approx 1 \mu\text{m}$  zu bilden, vorliegt. Das niedrigschmelzende Metall A'' ist lose in Form eines vorverformten Körpers zwischen den zu verbindenden Teilen 1 und 3 mit den auf ihnen angebrachten Übergangsmetallschichten B und B' angeordnet, wobei es in einer solchen Menge eingebracht wird, daß ebenfalls eine intermetallische Phase bis zu einer Reaktionstiefe von  $\approx 1 \mu\text{m}$  gebildet wird.

Das System aus zu verbindenden Teilen 1 und 3 mit den die intermetallische Phase bildenden Metallen A, A', A'', B, B' wird auf eine Temperatur erhitzt, die etwa 20 bis 60 K über der eutektischen Temperatur  $T_E$  der die intermetallischen Phasen bildenden Systeme liegt, wobei eine Verbindung der Teile 1 und 3 durch isotherme Erstarrung der gebildeten intermetallischen Phase unter einem Druck von 1 bis 3 MPa über eine Dauer von wenigstens 15 s hergestellt wird. Aus den Phasendiagrammen gemäß den Fig. 3 bis 5 für die Systeme Ni/In, Cu/Sn und Ni/Sn ist ersichtlich, daß die Löttemperatur in einem Bereich von 470 K bis 530 K liegen kann. In den Figuren bedeuten:  $T_E$  = eutektische Temperatur,  $T_L$  = Löttemperatur und I = Stabilitätsgrenze der In-reichen bzw. der Sn-reichen Phase.

Als Beispiel für die Verbindung der Teile 1 und 3 gemäß Fig. 1 wurden Übergangsmetallschichten B, B' aus Nickel oder Kupfer einer Schichtdicke von  $1,5 \mu\text{m}$  und Schichten A, A' aus einem Metall mit niedrigem Schmelzpunkt, z.B. Zinn-Schichten, in einer Schichtdicke von  $\approx 1 \mu\text{m}$  unter folgenden Bedingungen mittels eines Kathodenzerstäubungsprozesses abgeschieden:

Tabelle 1

	Ni	Cu	Sn
Arbeitsdruck der Gasphase, z. B. Argon, [Pa]	1,0	1,3	1,3
Leistung [W/cm <sup>2</sup> ]	$\approx 1,5$	$\approx 2,5$	$\approx 1,5$
Wachstumsrate [nm/min]	20	38	67
Substrattemperatur	300 bis 330 K		
Vorspannung am Substrat [kV]	1,5	1,5	1,5

Als Beispiel für die Verbindung der Teile 1 und 3 gemäß Fig. 2 wurde zunächst eine Nickelschicht B, B' durch Kathodenzerstäubung gemäß den Parametern der Tabelle 1 abgeschieden und als Metall mit niedrigem Schmelzpunkt A'' wurde vorverformtes Indium in einer solchen Menge zwischen den Nickelschichten angeordnet, die entsprechend der Schichtdicke der Nickelschicht, z.B.  $\approx 1,5 \mu\text{m}$ , zur Bildung der Phase  $\text{Ni}_2\text{In}_3$  bis zu einer Reaktionstiefe von jeweils  $\approx 1 \mu\text{m}$  ausreicht.

Zur Ausbildung von Lötverbindungen mittels Legierungen der Systeme Ni/In, Cu/Sn oder Ni/Sn sind weder Schutzgas noch Flußmittel erforderlich.

In der nachfolgenden Tabelle sind Eigenschaften von im Rahmen der vorliegenden Erfindung gebildeten intermetallischen Phasen dargestellt:

Tabelle 2

	Ni/In	Cu/Sn	Ni/Sn
Eutektikum	430 K	500 K	540 K
Löttemperatur	$\approx 470 \text{ K}$	520—570 K	540—570 K
Theoretische Stabilität der intermet. Phase	$> 1100 \text{ K}$	930 K	1070 K
Stabilität unter mechanischer Belastung	$> 730 \text{ K}$	$> 850 \text{ K}$	$> 750 \text{ K}$

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen elektrisch leitender Verbindungen mittels isothermer Erstarrung einer beim Löten aus mindestens einem Übergangsmetall und mindestens einem Metall mit niedrigerem Schmelzpunkt als der des Übergangsmetalls gebildeten intermetallischen Phase, die Indium oder Gallium enthalten kann, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung der intermetallischen Phase mindestens ein Nichtedelmetall als Übergangsmetall und mindestens eines der Elemente Gallium, Indium, Zinn und/oder Wismut als Metall mit niedrigerem Schmelzpunkt eingesetzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Übergangsmetall mindestens eines der Elemente Kupfer, Mangan und/oder Nickel eingesetzt wird(werden).
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die intermetallische Phase innerhalb des Systems Nickel/Indium gebildet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die intermetallische Phase innerhalb des

## OS 37 40 773

Systems Kupfer/Zinn gebildet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die intermetallische Phase innerhalb des Systems Nickel/Zinn gebildet wird.

6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das(die) Übergangsmetall(e) auf zu verbindenden Kontaktflächen so abgeschieden wird(werden), daß es(sie) in Korngrößen  $\approx 2 \mu\text{m}$  vorliegt(vorliegen).

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das(die) Übergangsmetall(e) durch Chemical oder Physical Vapour Deposition abgeschieden wird(werden).

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das(die) Übergangsmetall(e) aus Lösungen elektrochemisch oder stromlos abgeschieden wird(werden).

9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Metall mit niedrigerem Schmelzpunkt zwischen den mit dem Übergangsmetall beschichteten Kontaktflächen in einer für eine intermetallische Phasenbildung in einer Reaktionstiefe von jeweils  $\approx 1 \mu\text{m}$  ausreichenden Menge angebracht wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das(die) Metall(e) mit niedrigerem Schmelzpunkt als dünne Schicht auf den mit dem(den) Übergangsmetall(en) beschichteten Kontaktflächen angebracht wird(werden).

11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das(die) Übergangsmetall(e) lose, vorzugsweise als vorverformter Körper, zwischen den mit dem(den) Übergangsmetall(en) beschichteten Kontaktflächen angebracht wird(werden).

12. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausbildung der intermetallischen Phase unter einem Druck im Bereich von 1 bis 3 MPa bei einer Temperatur im Bereich von 470 bis 530 K bewirkt wird.

— Leerseite —

3740773

Nummer:  
Int. Cl.<sup>4</sup>:  
Anm. Idetag:  
Offenlegungstag:

37 40 773  
B 23 K 35/28  
2. Dezember 1987  
15. Juni 1989

1/3 *Fig. : 11*

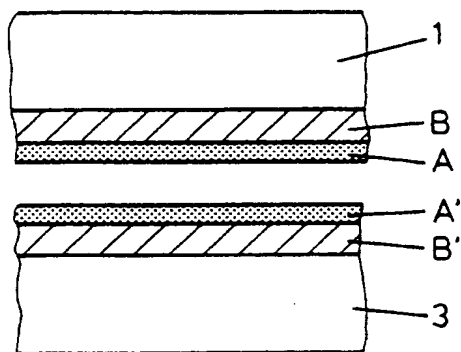


Fig. : 1

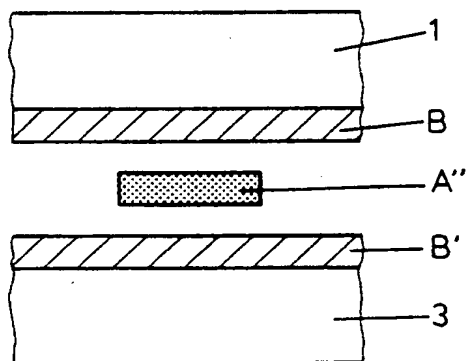


Fig.: 2

3740773

12

2/3 Fig.: 12: 1

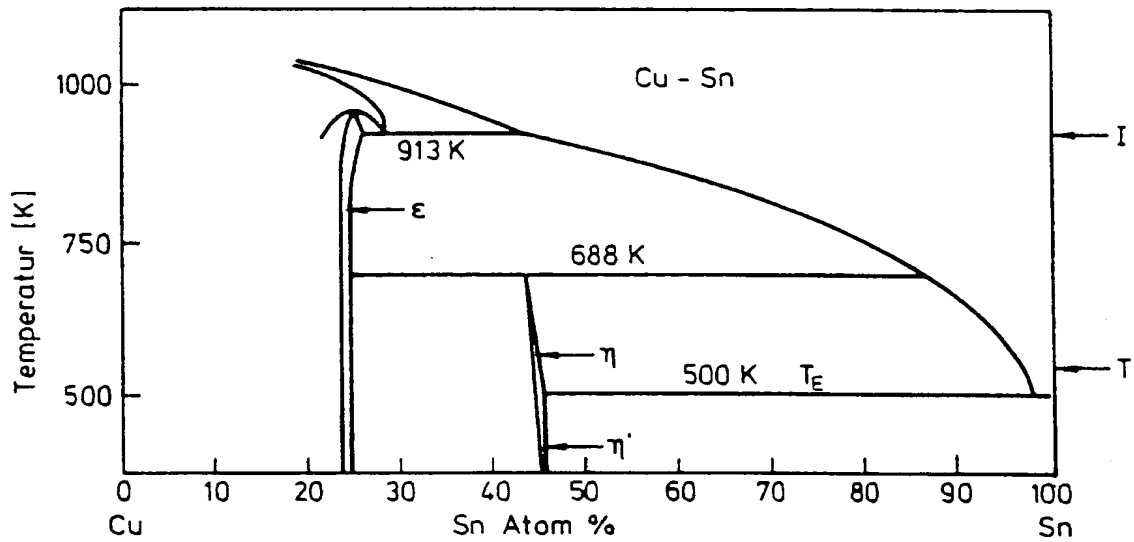


Fig. 4

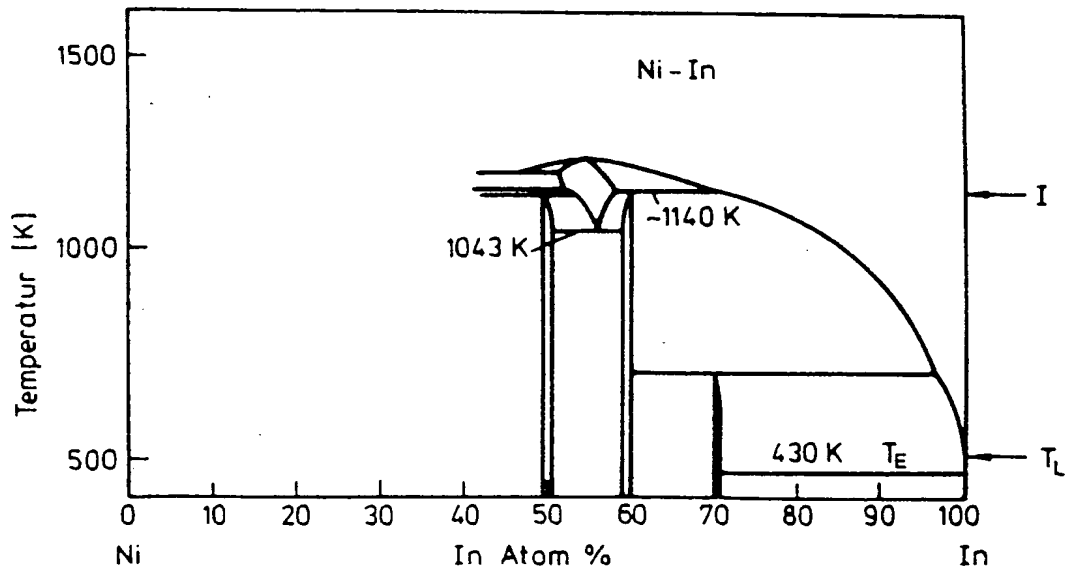


Fig. 3

3740773

13\*

3/3

12/11/11

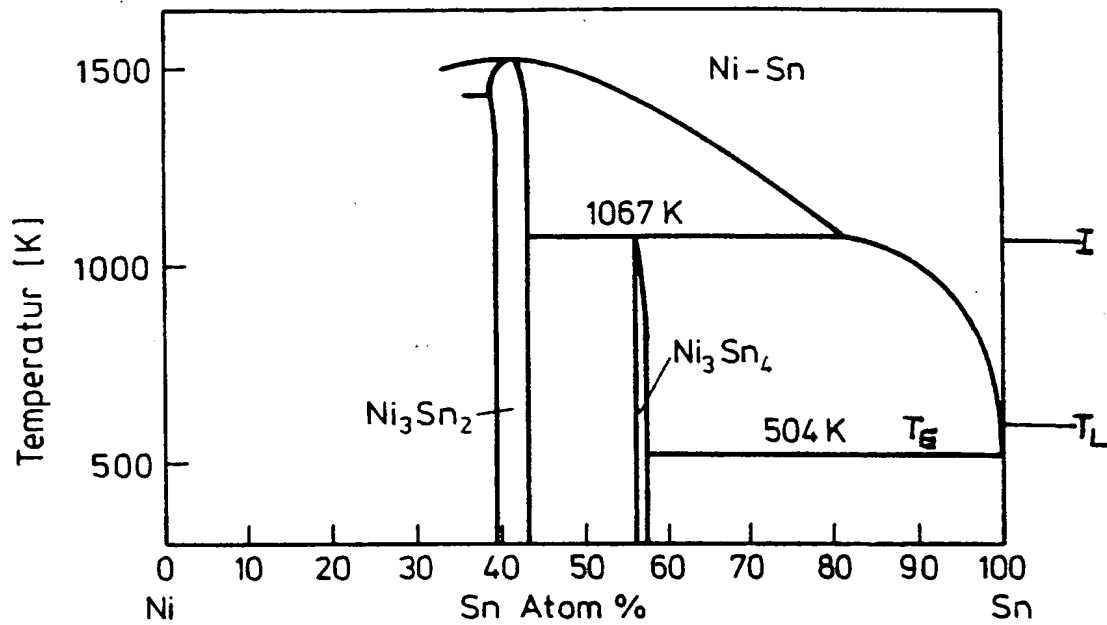


Fig:5



**Method for producing electroconductive bonds**

Patent Number: DE3740773  
Publication date: 1989-06-15  
Inventor(s): HIEBER HARTMANN DR ING (DE)  
Applicant(s): PHILIPS PATENTVERWALTUNG (DE)  
Requested Patent: DE3740773  
Application Number: DE19873740773 19871202  
Priority Number(s): DE19873740773 19871202  
IPC Classification: B23K35/28  
EC Classification: B23K35/00B, B23K35/30D, B23K35/30E, B23K35/30F, H01L21/60C2  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

Method for producing electroconductive bonds by means of isothermal solidification of an intermetallic phase, which is formed during soldering from at least one transition metal and at least one metal having a lower melting point than that of the transition metal and which phase may contain indium or gallium. To form the intermetallic phase, at least one non-precious (base) metal is used as the transition metal and at least one of the elements gallium, indium, tin and/or bismuth is used as the metal having a

lower melting point. 

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Docket # P2001,0358

Applic. # \_\_\_\_\_

Applicant: HOLGER HÜBNER

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101